



TRABALHO DE GRADUAÇÃO

ENGENHARIAS 2020

BLOCO DE VEDAÇÃO SUSTENTÁVEL: SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA E AREIA RECICLADA

Andressa de Oliveira Alves¹

Daiane Pires Rocha²

Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena³

Universidade São Francisco

sraandressaoliveiraalves@gmail.com

daianepires63@gmail.com

¹Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

²Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

³Professor Orientador Técnico Me, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

Resumo: A construção civil é uma das principais mentoras da economia do nosso país, com sua curva crescente, é o setor que evolui constantemente, gerando empregos informais e formais, movimentando diretamente o PIB nacional. Portanto, com a evolução no setor da construção civil, certificou-se que, é o maior contribuinte do esgotamento dos recursos naturais. Para reverter esse processo de degradação do meio ambiente, e contribuir com a reutilização dos resíduos, é necessário o desenvolvimento de pesquisas, para a aplicação dos mesmos em novos produtos e inovar os métodos de descarte, com intuito de amenizar os impactos ambientais. A finalidade do presente trabalho é a produção de amostras de bloco de vedação sustentável, constituído pela substituição total dos agregados, como: areia e brita, por areia reciclada e resíduo de cerâmica vermelha, priorizando a redução no consumo de cimento. Posteriormente será realizado o comparativo do bloco de vedação tradicional, com o bloco de vedação sustentável. Para análise, vamos desempenhar os ensaio de compressão axial. Caso a pesquisa consiga atingir resultados satisfatórios, o experimento pode contribuir consideravelmente para empresas do setor da construção civil, para a população e principalmente para o meio ambiente, proporcionando o incentivo para aplicação e destinação correta dos resíduos da construção civil.

Palavras-chave: meio ambiente, sustentabilidade, resíduos da construção civil.

Introdução

A Engenharia Civil consiste em mais de 10 mil anos de história, desde as pirâmides do Egito as construções mais modernas como o Aqua em Chicago – USA, a grande evolução desencadeada pela necessidade de vencer desafios em relação da construção civil, tornado o foco a qualidade de vida.

Segundo Ricardo Rodrigues (2018), compõe um dos marcos importante da evolução humana o descobrimento do fogo, através dele a humanidade pode ter o manejo da preparação dos alimentos, um meio de aquecimento além de uma arma contra animais. Logo surge a invenção da roda, essencial para o transporte humano e de cargas, revolucionando totalmente a contexto da época, relata o mesmo autor.

Sendo assim, o ser humano vem desenvolvendo conforme suas necessidades ferramentas e métodos construtivos novos. Antigamente, a maioria das construções foi construída de alvenaria, um dos métodos de construção mais antigos e difundidos no mundo. Alvenaria é a combinação de materiais ligados unidos com argamassa, podendo ser pedras, tijolos, adobe, ladrilhos, estuques ou blocos pré-moldados, SANTOS (2016).

No mundo avançado os sistemas construtivos revolucionaram, trazendo outras matérias-primas atingindo um ótimo desempenho, e em muitas vezes ainda melhor do que a alvenaria convencional, como para a construção de prédios, alcançando alturas estrondosas.

No Brasil, os sistemas construtivos tradicionais ainda hoje são quase que unanimemente utilizados, principalmente por não precisar de mão obra altamente qualificada. Esse tipo de sistema é composto por vigas, pilares e lajes de concreto armado e a alvenaria é somente utilizada para vedação, o que normalmente é feito com blocos cerâmicos ou tijolos, salienta SANTOS (2016).



Figura 1 - Construção de Alvenaria convencional em execução (Fonte: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=8&Cod=2041>)

As vantagens são a grande disponibilidade de mão de obra e materiais, a estrutura suporta vãos médios e grandes, e é um método construtivo que facilita futuras reformas e mudanças no projeto. Como em tudo, apresentam também desvantagens, como a geração muitos resíduos, desperdício de material, longo tempo de execução e um custo de obra elevado (se comparado a outros sistemas construtivos mais simples).

As primeiras produções dos blocos surgiram na Inglaterra a partir da década de 1880, com o objetivo de substituição dos blocos de barro por blocos de concreto. Eles eram moldados em fôrmas de madeira. A partir de 1866 foram desenvolvidas novas técnicas para produção de blocos vazados, (BESSER, 2004).

Os blocos tradicionais são compostos de concreto ou cerâmica. Eles podem ter dois tipos de função, estrutural ou vedação. Suas características variam de acordo com sua aplicação. Segundo a NBR 6136 (2014), os blocos de alvenaria de vedação, são classificados como classe D, ou seja, blocos sem função estrutural, para uso de elemento acima do solo.

Eles podem possuir dois tipos de furação, na vertical e na horizontal. Os blocos com furo na vertical devem atingir a resistência de $\geq 3,0 \text{ MPa}$ ¹, os blocos com furos na horizontal, devem atingir a resistência de $\geq 1,5 \text{ MPa}$.

As dimensões devem seguir a norma (NBR 6136), que determina que os blocos de vedação devem apresentar as dimensões seguintes (centímetros), 14 x 19 x 39, 19 x 19 x 39, 9 x 19 x 19, 14 x 19 x 19. Os blocos devem respeitar as tolerâncias na fabricação: as espessuras dos septos devem ter no mínimo 6 mm e as paredes externas no mínimo 7 mm. O propósito do bloco é apenas suportar sua própria carga (alvenaria) e nenhuma outra carga adicional (ABNT NBR 15270-1, 2017). As dimensões dos blocos de concreto no Brasil são definidas na NBR 6136 que especifica as dimensões de projeto dos blocos modulares de concreto.

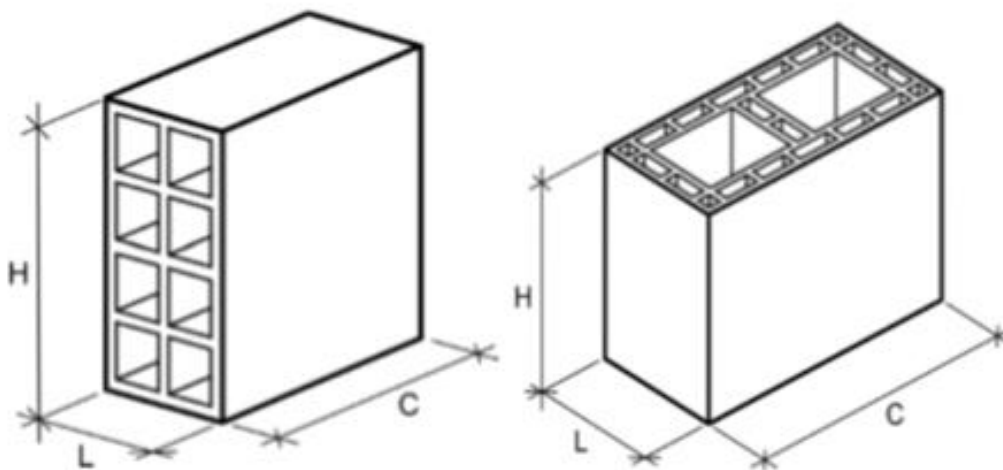


Figura 2 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal e vertical (Fonte: ABNT NBR 15270-1 (2017) adaptado)

Segundo a NBR 6136 determina que os blocos de vedação alcance no mínimo 2,5 MPa de resistência compressão. A ABNT NBR 15270-1 (2017) regulamenta a fabricação do bloco cerâmico de vedação, por esse motivo as especificações precisas, requisitos físicos, mecânicos e geométricos devem ser seguidos de forma rigorosa. O bloco deve ser oriundo da conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimado a elevadas temperaturas. Por não servir como um elemento estrutural pode ser aplicado apenas na função de vedação.

Ramalho e Corrêa (2003) reforçam a importância da plasticidade, pois ela é responsável pela estabilidade na transmissão de tensões entre os blocos. A espessura da junta de assentamento é de extrema importância, pois pode comprometer a resistência a compressão da parede. Segundo Sahlin (1971), juntas de assentamento de 15 mm são suficientes para reduzir pela metade à resistência a compressão da parede, o ideal é que a espessura das juntas de assentamento sejam 10 mm (horizontais e verticais) esse valor é determinado pela NBR 15961:2011.

¹ MPa (Mega Pascal) é a unidade de medida usada para indicar a resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}).

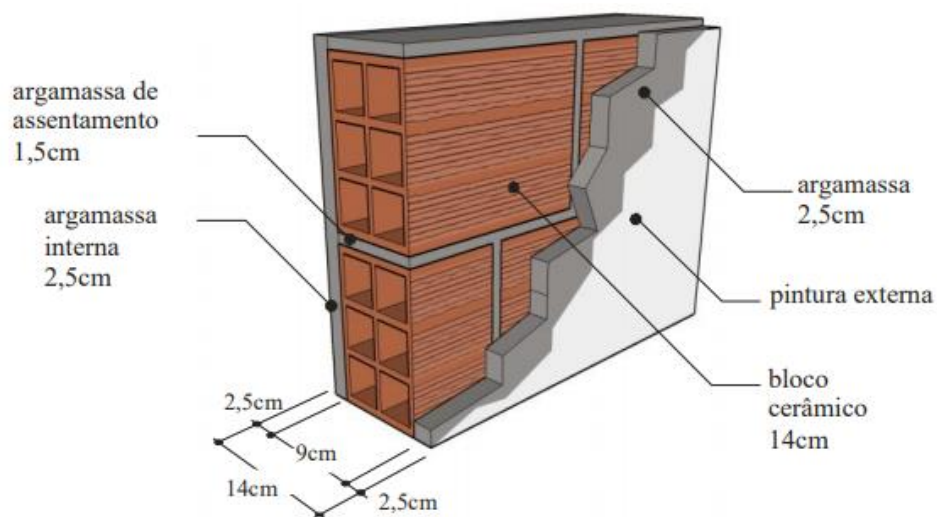


Figura 3 - Aplicação de bloco cerâmico (Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf>)

Poluição

A poluição existe desde a antiguidade, porém após a Revolução Industrial com a grande explosão de industriais e consumos, o aumento de resíduos se tornou excessivo e aparente, tornando o que antes era inofensivo em um dos grandes problemas ambientais da atualidade, conforme enfatiza MELLER (2017).

A produção do cimento vem gerando para a sociedade e ao meio ambiente grande impacto, como as contaminações no ar, na água ou no solo. A cimenteira é responsável por aproximadamente 3% das emissões mundiais de gases de efeito estufa e por aproximadamente 5% das emissões de CO₂, sendo a queima de combustíveis fósseis cerca de 54%, o desmatamento por queimadas 9% e outros emissores de gases de efeito estufa 14,8%, conforme MAURY (2012) apresenta.



Figura 4 - Poluição no mundo (Fonte: <https://rmai.com.br/poluicao-mata-duas-vezes-mais-que-o-transito-em-sao-paulo/>)

De acordo com Guilherme et al (2017) a poluição é a degradação de uma área natural por meio de acúmulos, contaminação, infiltração, podendo estes produtos estarem no estado líquido, sólido ou gasoso. A área degradada é aquela que promove impacto ao meio ambiente, já a área contaminada, impacta a saúde humana e ao meio ambiente. A contaminação do solo está relacionada a riscos a saúde, infiltração das águas subterrâneas, danos aos ecossistemas e ao desenvolvimento urbano. Como DERÍSIO (2016) aborda, a poluição depende do fator poluente, o que liga diretamente as várias formas de poluições, como física, química, físico-química, bioquímica, biológica e radioativa.

Os principais tipos de poluição são a poluição do solo, do ar, da água, acústica e visual, conforme seu agente agressor. A construção civil tem uma grande parcela de culpa na degradação do meio ambiente, os resíduos gerados durante a fabricação de blocos, durante e após a execução de obras, reformas, entre outros.

A poluição do solo ocorre pela atividade humana que provoca alteração no meio ambiente ou lançamento de resíduos no solo. As causas da poluição do solo podem ser a presença de dejetos, agentes químicos, resíduos líquidos, domésticos ou industriais no solo.



Figura 5 - Poluição do solo (Fonte: <https://meioambiente.culturamix.com/lixo/poluicao-do-solo-por-chorume>)

Segundo Barsano (2014) a Poluição é algo muito comum na sociedade, uma cultura prejudicial que está mudando gradativamente a partir da conscientização que vem se obtendo com o passar dos anos. Através dos danos que o meio ambiente recebe por conta do descarte inadequado de resíduos sólidos, a saúde da população está sendo prejudicada. Com o descarte em locais indevidos dos resíduos sólidos, temos o impacto imediato no meio ambiente e na

sociedade, como a contaminação dos lençóis freáticos, enchentes, proliferação de doenças, emissão de gases tóxicos além da contaminação do solo que afeta diretamente a agricultura, consequentemente a saúde da população.

Todos os tipos de poluição causam grande impacto ambiental, que podem ser irreversíveis, trazendo prejuízos imensuráveis. O controle é imprescindível para que não favoreça ainda mais a degradação ao ambiente e promova danos à saúde da população. Atualmente existem programas que lutam para a defesa do meio ambiente, as leis contribuem para uma significativa diminuição dos índices da poluição, mas não cessam esse fator.

Existem diversas medidas que podem ser adotadas pelas empresas como forma de colaborar com o meio ambiente e com a sociedade. A partir de determinações governamentais como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010), são fundamentais, pois orientam as empresas a administrem os resíduos gerado por elas, contribuindo diretamente para a sociedade e meio ambiente.

A poluição é o resultado dos atos do ser humano, seja como indústria, fábrica ou indivíduo, portanto a responsabilidade e consequências são de todos. É necessário priorizar nesse caso a solução do problema. Um exemplo desse ciclo é a fabricação de blocos, utilizar o bloco de cerâmica que foi descartado e reutilizá-lo novamente, esse método podemos aplicar a areia, empregar a mesma após sua reciclagem, ou um resíduo que é formado em decorrência de um processo e reutiliza-lo em outros elementos. O diferencial da engenharia é poder trabalhar com produtos inúteis para sociedade e transformá-los em um novo produto, podendo voltar ao mercado e ser utilizado novamente.

Resíduos da construção Civil

Os resíduos da construção e demolição são constituídos em sua grande maioria por elementos naturais de origem mineral como rochas, cerâmica, concreto, entre outros. Metade da produção dos resíduos vem das regiões urbanas, que compõem um cenário cada vez maior de poluição, pois estes enchem os aterros, além dos diversos descartes em lugares inapropriados.



Figura 6 - Resíduos da construção e demolição (Fonte: <https://www.temsustentavel.com.br/residuos-da-construcao-e-demolicao-geracao-de-emprego-e-renda/>)

Em consequência, a utilização destes depois de reciclados em outras áreas como matéria-prima é mais difícil, não se tem uma cultura nem investimento, a falta de demanda e conhecimento também impossibilita destiná-lo para outros recursos. Pela produtividade baixa e pelo custo elevado no transporte, os processos para possíveis utilizações em forma de matéria-prima ficam extremamente inviáveis, como por exemplo, utilizar RCD reciclados na composição do concreto.

A Resolução CONAMA Nº 307/2002 estabelece definições dos Resíduos de Construção Civil e procedimentos quanto à gestão do mesmo. Resíduos de construção civil são oriundos das construções, reformas e demolições. Os materiais como tijolos, blocos, argamassa, concreto, rochas, madeiras, entre outros são conhecidos como entulho de obras.

A presente resolução tem como objetivo definir diretriz para a gestão desses resíduos, para tanto ela separa cada material por classe e cada classe por tanto terá um direcionamento mais adequado. Materiais chamados como classe A são todos aqueles que podem ser reciclados ou reutilizados como agregados, como no caso de blocos, tijolos, entre outros.

Já os de Classe B, são aqueles que podem ser reciclados, mas para outros fins, ou seja, materiais como plástico, papelão, papel, entre outros. Os materiais enquadrados na Classe C não podem ser aplicados, pois não possuem modo de reciclagem, como é o caso do gesso. Os resíduos encontrados na Classe D também não possuem destino, por se tratarem materiais “perigosos”, como exemplo a tinta.



Figura 7 - Tipos de resíduos da construção civil (Fonte: <https://www.temsustentavel.com.br/residuos-da-construcao-e-demolicao-geracao-de-emprego-e-renda/>)

Com isso, é imprescindível observar que a gestão correta dos resíduos da construção civil contribui diretamente para sociedade. As empresas visam o gerenciamento como um custo e não como um investimento em longo prazo. A administração dos resíduos dentro da obra evidencia a organização, comprometimento e principalmente avanço ecológico para o consumidor final.

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica (2016), a cerâmica inclui todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas.

Conforme Silvio Martins et al. (2012) descreve, o cimento Portland é um aglomerante hidráulico artificial, obtido pela moagem de clínquer Portland (material sinterizado e peletizado, resultante da calcinação da mistura de calcário e argila a uma temperatura de 1450°C, com corretivos químicos de natureza silicosa, aluminosa ou ferrífera) com a adição de uma ou mais formas de sulfato de cálcio.

A cerâmica vermelha se origina da argila, recurso natural abundante na natureza. A argila é um material formado de minerais, como silicatos hidratados de alumínio, ferro e

magnésio, com certa porcentagem de álcalis e de alcalinos terrosos. Com a associação destes, apresentam-se a sílica, ferro, matéria orgânica, etc., estes em contato com a água geram uma pasta que pode ser moldada, secada e endurecida sob a ação do calor.

A cerâmica vermelha é adotada na construção civil em produtos como tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas, e também utensílios de uso doméstico e de adorno, conforme afirma a Associação Brasileira de Cerâmica (2016).

De acordo com a SEBRAE (2015), no Brasil a maior parte da cerâmica vermelha é produzida por empresas de pequeno e médio porte. Essas empresas encontram-se distribuídas por todo o país e estão localizadas nas regiões onde há maior disponibilidade de matéria-prima e proximidade dos mercados consumidores.

A areia reciclada é obtida através de resíduos de concreto da construção e demolição, quando são gerenciados de forma adequada, os mesmos são submetidos ao processo de separação e moagem, esse processo gera maior parte de material de baixa granulometria, conhecida como areia reciclada, sua dimensão máxima característica é inferior a 4,8 mm.

Esse resíduo possui as mesmas particularidades da areia lavada, o que difere um material do outro é a sua composição. A areia lavada é composta de quartzo, mas pode variar de acordo com a composição da rocha da qual é originada, além do quartzo, pode enquadrar outros minerais como: feldspato, mica, entre outros. A areia reciclada é composta por RCD, mas não proveniente de impurezas como: aço, plásticos, madeiras, apenas de resíduos de cimento.

O processo fundamental para a produção da areia reciclada é o gerenciamento do RCD. O material coletado no canteiro de obra ou em indústrias de concreto, quando chega às recicladoras, passa pelo processo de separação, nesta etapa é separado os resíduos que são significativos, resíduos de concreto, os demais são destinados outro departamento de reciclagem. Após essa triagem, o material é direcionado para o processo de moagem, onde são originados quatro tipos de agregados reciclados: areia, brita, pedregulho e rachão.

Materiais e Métodos

Os materiais utilizados não foram submetidos aos ensaios de granulometria, como os mesmos encontravam – se em estado seco, não foi necessário submeter os resíduos ao processo de secagem em estufa. Para desenvolvimento dos traços, nos aprofundamos em artigos e pesquisas que concluíram que, para conseguir atingir a trabalhabilidade com o concreto é necessário o traço 1:3, ou seja, para cada parte de cimento é necessário utilizar duas partes de agregado e uma de água.

A partir desse conceito e para nos certificarmos, elaboramos os seguintes traços:

Tabela 1 – Desenvolvimento Traço 1.

Traço 1 (1:1)				
Peso total do Traço (kg)	Cimento (kg)	Areia Reciclada (kg)	Cerâmica Vermelha (Kg)	Água (l)
15	7,5	3,75	3,75	3

Fonte: Próprio autor.

Tabela 2 – Desenvolvimento Traço 2

Traço 2 (1:3)				
Peso total do Traço (kg)	Cimento (kg)	Areia Reciclada (kg)	Cerâmica Vermelha (kg)	Água (l)
15	3,75	5,625	5,625	1,5

Fonte: Próprio autor.

O resíduo da areia reciclada foi levado ao laboratório peneirado na peneira tradicional de pedreiro, com a malha de 4 mm. O resíduo de cerâmica vermelha já se encontrava moído no laboratório. Os materiais foram pesados em uma balança de acordo com o traço desenvolvido.



Figura 8 - Traço 01, areia reciclada, cimento e cerâmica vermelha. (Fonte: Próprio autor)



Figura 9 - Traço 02, areia reciclada, cimento e cerâmica vermelha. (Fonte: Próprio autor)

Os corpos de prova foram moldados de acordo com a NBR 5738, a norma determina o procedimento para moldagem e cura dos mesmos. Os equipamentos utilizados para moldagem foram fornecidos pelo laboratório da faculdade USF, nomeado de CT. Os equipamentos utilizados foram:

- Colher de pedreiro;
- Martelo de borracha;
- Molde de corpo de prova;
- Pá;
- Funil;
- Balança;
- Haste de ferro;



Figura 10 – Equipamentos (Fonte: Próprio autor)

A mistura foi realizada no chão da área externa do laboratório, com o auxílio de uma pá. Primeiramente colocamos os agregados e o cimento, aos poucos fomos adicionando a água conforme o traço, mas observamos que a massa estava muito seca e não estávamos

obtendo homogeneidade na mistura, portanto adicionamos mais água. No Traço 1 adicionamos o total de 4,5 litros de água e no Traço 2 adicionamos 4,2 litros de água.



Figura 11 – Mistura dos materiais. (Fonte: Próprio autor)



Figura 12 – Moldagem dos corpos de prova. (Fonte: Próprio autor)

Para cada traço foram realizadas três amostras de corpo de prova, com altura de 200mm e diâmetro de 100 mm. Após a concretagem, os mesmos ficaram submetidos a temperatura ambiente durante 24 horas, em seguida, os mesmos foram levados à câmara úmida e ficaram retidos no período de 7 e 28 dias.

Resultados e Discussão

Após o período de 7 e 28 dias foram realizadas as rupturas dos corpos de prova na prensa da marca Forney, a mesma segue as exigências da NBR 7500-1, que estabelece critérios para utilização de máquinas de ensaios.



Figura 13 – Prensa Forney Automatic. (Fonte: Próprio autor)

A mostras pós ruptura, comparação visual do traço 1 e 2:



Figura 14 – Amostras do traço 1 de 7 dias após a ruptura. (Fonte: Próprio autor)



Figura 15 – Amostras do traço 2 de 7 dias após a ruptura. (Fonte: Próprio autor)



Figura 16 – Amostras do traço 1 e 2 de 28 dias após a ruptura. (Fonte: Próprio autor)

No painel da prensa constam as seguintes informações: carga aplicada, diâmetro, altura, peso do corpo de prova e idade. Após a ruptura, a máquina fornece o gráfico que consta a carga aplicada (kN) x tempo (s).

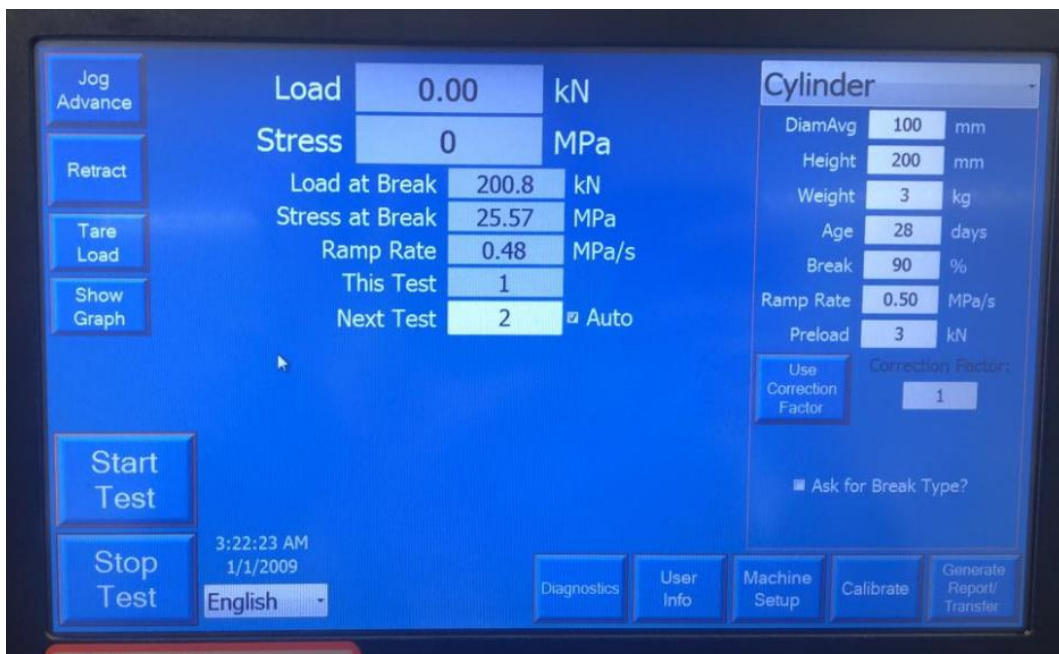


Figura 17 – Painel da prensa Forney. (Fonte: Próprio autor)



Figura 18 – Gráfico fornecido pela prensa. (Fonte: Próprio autor)

A Tabela 3 apresenta os resultados de resistência à compressão, calculados conforme NBR 7215:2019, após 7 e 28 dias de cura. A partir destes dados definiu-se o traço 1 e 2 encontram – se extremamente resistentes para a fabricação dos blocos de vedação sustentável ($f_{ck\ min} = 2,5\ MPa$). Deve-se ressaltar que a idade de 14 dias de ruptura não foi realizada, pois não foi considerada relevante.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de compressão conforme NBR 7215:2019.

Traço	Idade (dias)	Fck (MPa)
1	7	10
2	7	9,4
1	28	27
2	28	14

Fonte: Próprio autor.

Para o Traço 1, no período de 28 dias, a amostra atingiu mais que 100% da sua resistência inicial. A resistência da amostra está relacionada a proporção de cimento contida no traço. No Traço 2 a amostra atingiu cerca de 50% da resistência inicial encontrada nos primeiros 7 dias. Os dois traços desenvolvidos estão coerentes com as proporções citadas por Fernandes (2012) e bibliografias consultadas (1:3 ou 1 parte de cimento para 3 partes de agregados).

O fator relevante analisado na pesquisa, também foi o custo dos materiais para fabricação dos blocos. O bloco convencional custa cerca de R\$ 1,90 e o bloco de vedação sustentável desenvolvido ao decorrer da pesquisa possui o custo final de R\$ 0,65. O custo está relacionado apenas ao cimento, pois os demais materiais são resíduos.

Conclusões

A história da construção civil no mundo vem evoluindo gradativamente. No Brasil umas das principais fontes da economia é a construção civil, o que gera grande parte dos empregos formais e informais na atualidade. Por conta disso, a inovação e preocupação com a sustentabilidade traz a tona um grande buraco deste setor, a poluição. O método construtivo mais utilizado no país é a alvenaria tradicional, que utiliza blocos de cerâmica ou de concreto assentados por juntas de argamassa, consequência do uso desse método é a esgotamento dos recursos naturais. A construção civil se trata do segmento que contribui com a maior porcentagem na poluição da água e do solo.

Levando em conta todo o contexto atual, o desenvolvimento de um bloco sustentável ameniza o consumo dos recursos naturais, e reutilizando os resíduos da construção civil renova-se o ciclo de vida dos mesmos, ao invés de degradar e poluir, retornam para a construção como um novo produto. A cerâmica vermelha como resíduo (telha, tijolos, blocos, entre outros) é um material muito comum de fácil acesso, considerando esse fator, escolhemos esse material para a substituição da brita. A substituição da areia comum pela areia reciclada, surgiu pelas características similares a areia comum, e principalmente pela abundância nas industriais de pré-fabricados, que atualmente são referências de obra "limpa", pois sua montagem não gera resíduos nos canteiros de obra. Esses resíduos também são provenientes de demolições, onde passam pelo processo de trituração e peneiramento até chegar ao ponto de areia que podem ser utilizadas em várias partes da construção.

Logo após a escolha dos materiais e com o objetivo de reduzir o consumo de cimento para fabricação dos blocos de vedação, realizamos os ensaios para comprovação da tese, logo após fazemos os comparativos para analisar se os blocos seriam economicamente viáveis.

Elaboramos dois traços, com 1:1 e 1:3 respectivamente, seguindo as normas e orientações bibliográficas. Para desenvolvimento, foram realizados os rompimentos após 7 e 28 dias. Surpreendentemente os resultados foram além das expectativas, mesmo com a diminuição do cimento no traço 2 a resistência do corpo de prova atingiu muito mais que o mínimo exigido pela norma vigente para produção do bloco de vedação.

Com os resultados obtidos, concluímos que, reutilizando os resíduos da construção civil como a cerâmica vermelha e a areia reciclada na redução parcial do cimento Portland o bloco de vedação sustentável atinge a resistência mínima exigida pela norma, além de reduzir o consumo de cimento no traço, conseguimos reduzir os custos e direcionar os resíduos para a produção de um novo produto.

Agradecimentos

À USF pela disponibilização de ferramentas e laboratórios.

Aos professores Me Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena e Ma Cândida Maria Costa Baptista que orientaram e auxiliaram no desenvolvimento do trabalho.

Aos nossos familiares que nos apoiaram e auxiliaram.

Referências Bibliográficas

ABNT NBR 5738:2015 Versão Corrigida:2016- Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

ABNT NBR 7215:2019 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.

ABNT NBR 15270-1:2017 – Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos e tijolos para alvenaria Parte 1: Requisitos.

ABNT NBR 15961-1:2011 - Alvenaria estrutural - Blocos de concreto Parte 1: Projeto.

ABNT NBR 6136:2014 – Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural - Procedimento.

ABNT NBR ISO 7500-1:2016 - Materiais metálicos - Calibração e verificação de máquinas de ensaio estático uniaxial.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Informações técnicas:** materiais primas naturais. 2016. Disponível em: <https://abceram.org.br/definicao-e-classificacao/>. Acesso em: 20 de jun. 2020.

BARSANO, Roberto, P., BARBOSA, Pereira, R., VIANA, Japiassú, V. **Poluição Ambiental e Saúde Pública.** -- 1. ed. -- São Paulo: Érica, 2014.

BESSER. **The concrete Century.** Disponível em: <http://www.besser.com/100years/concretecentury.pdf#search=%22%22block%20machine%22%20besser%20history%20pdf%22>. Acesso em: 28 de Maio de 2020.

DERÍSIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** Oficina de Textos, 2016.

FERNANDES, I. (2012). **Blocos e Paviers – produção e controle de qualidade.** 3º ed. Jaraguá do Sul: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda., 182 p.

HCTT 9 - **História da engenharia civil no mundo e no Brasil.** Prof. Ricardo Rodrigues (IFFar). [Farroupilha]: IF, 2018. 1 vídeo (25 min e 2 segs). Publicado pelo canal Prof. Colombo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=j3EeDP4D-Q4>. Acesso em: 09 Maio 2020.

Lei n. 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília, DF: Congresso Nacional, 2010.

LE MOS, H. M. **Avaliação de impacto ambiental.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

MAURY, Maria Beatriz; BLUMENSCHHEIN, Raquel Naves. **Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente.** 2012.

MELLER, Semprebom, G., OLIVEIRA, Fürstenau, K., STEIN, Tiago, R., MACHADO, Sou, V. D. **Controle da Poluição.** Porto Alegre: SAGAH, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595021150/>. Acesso em: 13 Apr 2020.

RAMALHO, M. A., CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo : Pini, 2003. 174 p.

Resolução CONAMA Nº 307/2002 - "**Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**". - Data da legislação: 05/07/2002 - Publicação DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96.

SAHLIN, S. **Structural masonry**. Englewood Cliffs, Prentice Hall. 1971.

SANTOS, F. et al. **Análise estrutural de uma edificação histórica do Século XVIII**. In: Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, CBPAT. 2016. p. 317-327.

SEBRAE. **CERÂMICA VERMELHA Panorama do mercado no Brasil**. Boletim Inteligente, 2015. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/\\$File/5846.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/$File/5846.pdf). Acesso em: 29 jun. 2020.

SILVA, M. V. **Desenvolvimento de tijolos com incorporação de cinzas de carvão e lodo provenientes de estação de tratamento de água**. 2011. 132 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – IPEN/ Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.